



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 196 32 409 A 1

(51) Int. Cl. 6:
G 10 C 3/12

DE 196 32 409 A 1

(21) Aktenzeichen: 196 32 409.2
(22) Anmeldetag: 2. 8. 96
(43) Offenlegungstag: 5. 2. 98

(71) Anmelder:
HiPer Ceramics GmbH, 16727 Marwitz, DE

(72) Erfinder:
Terry, Hamlyn Graham, 10587 Berlin, DE;
Hoffmeister, Hans, Dr., 16727 Marwitz, DE;
Junghans, Claas, 10587 Berlin, DE

(54) Klaviertaste mit Oberfläche aus Keramik

(57) Der Ersatz von Elfenbein als Belag der weißen Tasten von Klavieren, Flügeln und Orgeln stellt weiterhin ein Problem dar. Erfindungsgemäß wird die Taste mit einer Platte aus Oxid- oder Silikatkeramik, Glaskeramik oder Glas belegt. Der Tastenbelag kann durch Wahl der genauen Komposition der Ausgangsmaterialien sowie Oberflächenbearbeitung wie Schleifen, Läppen oder Polieren den Bedürfnissen der Pianisten nach Feuchtigkeitsabsorption und Taktilität angepaßt werden. Erreicht wird eine Spieloberfläche, die dem traditionellen Belag Elfenbein in Farbe und Spielevenschaften sehr ähnlich oder überlegen ist.

DE 196 32 409 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 97 702 066/512

Beschreibung

Problemstellung

Der Belag der weißen Tasten von Tasteninstrumenten wie Klavieren, Konzertflügeln und Orgeln besteht seit Jahrhunderten traditionell aus Elfenbein. Da Quelle dieses Materials Elefanten sind, die zumeist einzig zum Zwecke der Elfenbeingewinnung getötet werden, ist die Verwendung von und der Handel mit Elfenbein in den letzten Jahren drastisch eingeschränkt worden. Im Moment ist nur Elfenbein aus vor dem Handelsverbot schon vorhandenen Vorräten legal handelsfähig. Da sich die durch Wilderei dezimierten Bestände an Elefanten nicht schnell regenerieren, und in den Teilen der Welt, die den Elefanten als Heimat dienen, der Konflikt zwischen landwirtschaftlicher Nutzung und Lebensraum für Wildtiere eher noch zunehmen wird, ist damit zu rechnen, daß in absehbarer Zeit nicht genug Elfenbein für alle seine traditionellen Anwendungen zur Verfügung stehen wird.

Als Belag für Instrumententasten ist Elfenbein schwer ersetzbar. Zahlreiche Patente, die sich auf Ersatzfindungen aus organischen Polymeren beziehen, zitieren diese Schwierigkeiten.

Es ist fraglich, ob die Verwendung von Elfenbein als Spieloberfläche für die Tasten von Tasteninstrumenten das denkbare Optimum vom Standpunkt der spieltechnischen Anforderungen darstellt. Die in der Literatur für den Ersatz von Elfenbein genannten Kriterien wie Oberflächenbeschaffenheit, Wärmeleitfähigkeit und Feuchtigkeitsabsorption werden vom traditionellen Material in einer Weise erfüllt, die vom Standpunkt des Pianisten das durch organische Polymere Erreichbare übertrifft; allerdings sind Materialien theoretisch denkbar, die eine dem Klavierspiel noch gemäßere Oberfläche bieten als Elfenbein.

Bekannt sind Oberflächen aus organischen Polymeren (US 4346639). Zum Teil werden Füllstoffe in die Polymerisationslösung eingebracht, die nach Polymerisierung ausgelautet werden, um eine dem Elfenbein ähnliche Porosität zu erhalten (EP 457619 A, Steinway Musical). Die einzige uns bekannte Erwähnung von keramischen Materialien im Zusammenhang mit Pianotasten betrifft die Inkorporation von keramischen Härtchen ($MgSO_4$, $CuSO_4$, K_2TiO_3) in organischen Polymeren, um die Feuchtigkeitsabsorption und Oberflächenbeschaffenheit des Materials zu modifizieren (EP 371 939 A, Yamaha Corp.).

Erfundungsgemäße technische Lösung

Erfundungsgemäß wird die Klaviertaste mit einer Platte aus Keramik, zum Beispiel Aluminiumoxidkeramik, als Spieloberfläche belegt. Die Platte hat eine Stärke vergleichbar der der herkömmlichen Elfenbeinplatte, in der Größenordnung von 0,1 mm – 3 mm.

Die Porengröße des Keramikbelages ist durch Wahl und Vorbehandlung der keramischen Rohstoffe sowie des Brennregimes im Bereich zwischen 50 µm und 5 nm einstellbar.

Die Wärmeleitfähigkeit des Keramikbelages ist durch Wahl und Vorbehandlung der keramischen Rohstoffe sowie des Brennregimes im Bereich zwischen 1 – 200 $W(mK)^{-1}$ einstellbar.

Die Farbe des Keramikbelages ist durch Dotierung und Vorbehandlung der keramischen Rohstoffe beliebig

wählbar.

Die keramischen Beläge werden durch die üblichen feinkeramischen Formgebungsverfahren wie uniaxiales Pressen, isostatisches Pressen, Grün- und Weißbearbeitung, Foliengießen, CVD/PVD (chemical/physical vapour deposition) hergestellt und, abhängig vom Material bei 1000 bis 2000 Grad Celsius, vorzugsweise bei 1400 bis 1800 Grad Celsius, für 0,1 h bis 100 h, vorzugsweise 1 h bis 2 h, gebrannt. Das gebrannte Rohteil wird durch Schleifen, Läppen oder Polieren oberflächlich bearbeitet.

Die Keramikplatte wird durch Kleben mit der Taste verbunden.

Durch die höhere Dichte des Keramikbelages müssen gegebenenfalls die Ausgleichsgewichte im hinteren Teil der Tastenmechanik verändert werden.

Beispiel 1

Formgebung

Für die Herstellung einer Keramikplatte, die als Klaviertastenbelag geeignet ist, werden 2000g α -Aluminiumoxid (mittlere Korngröße 1 – 2 µm, Reinheit 99,8%) in 1000 ml destilliertem Wasser aufgerührt und in eine 5l-Porzellantkugelmühle überführt. Es werden 4000 g Mahlkugeln aus Aluminiumoxid und 20 ml Verflüssigungsmittel (z. B. Dolapix CE 65 der Firma Zschimmer und Schwarz) dazugegeben (Durchmesser der Mahlkugeln 30 mm) und die verschlossene Mühle auf einem Rollengestell 10 h mit einer Umdrehungszahl von 150 Umdrehungen pro Minute gerollt.

Die resultierende Suspension wird in einen mit einem Rührer ausgestatteten Vorlagebehälter (3000 ml, Polyethylen) überführt. Mittels eines 500 ml Gießers wird ein Teil der Suspension aus dem Vorlagebehälter entnommen und in eine Gipsform gegossen, die die Kontur der späteren Klaviertaste aufweist. Die Gipsform hat einen Deckel mit zwei Eingießöffnungen durch die die Suspension in das Innere gelangt. Die gefüllte Form wird 60 min stehen gelassen und anschließend der Deckel abgehoben. In der Aussparung des unteren Teiles der Gipsform befindet sich der Rohling der Klaviertaste mit den beiden Eingießstümpfen.

Trocknung und Brand

Der Rohling wird bei 50°C für 24 h im Umlufttrockenschrank getrocknet und dann sehr vorsichtig auf einer keramischen Brennunterlage (170 x 170 x 12 mm) aus Aluminiumoxid abgelegt. Um den Rohling herum werden Abstandhalter aus Aluminiumoxid gelegt, auf denen eine weitere Brennunterlage aufgesetzt wird. Der so vor der direkten Strahlungshitze geschützte Rohling wird in diesem Aufbau in einen elektrisch beheizten Kammerofen mit Programmregelung und Innenraumbmessungen von 200 x 200 x 350 mm überführt. Der nun durchgeführte, programmgesteuerte erste Brand wird mit einer Aufheizrate von 30 K/h auf eine Temperatur von 1000°C gebracht, dort eine Stunde gehalten und dann mit einer Abkühlrate von 50 K/h wieder auf Raumtemperatur abgekühlt.

Der durch diesen Brand vorverfestigte Rohling (Weißling) wird auf einer Schleifmaschine mit Korund-Schleifscheibe von den Gießansätzen befreit und erneut auf einer Brennunterlage der vorstehend beschriebenen Form plaziert. Der Weißling wird nun bei einer Temperatur von 1750°C im ebenfalls schon beschriebenen

Hochtemperaturkammerofen für eine Stunde gebrannt. Die Aufheizrate beträgt in diesem Fall 50 K/h, die Abheizrate beträgt 80 K/h.

Nachbearbeitung

Nach dem Dichtbrand des Weißlings wird dieser zu einem sehr festen Rohling, der in einen Maschinen-schraubstock gespannt wird und mittels diesem durch magnetische Anziehung auf einem Magnettisch einer Präzisionsflachschleifmaschine fixiert wird. Nacheinander werden alle Flächen des Rohlings mit Hilfe einer kunstharzgebundenen Diamantschleifscheibe (Durchmesser 250 mm, Breite 15 mm, Diamantkörnung: D91, Spindeldrehzahl 2850 U/min) bearbeitet, bis die gewünschten Maße erreicht sind.

Der geschliffene Rohling wird nun mit Diamantpaste (Körnung 3 µm) und einem Poliertuch aus Zellulose so lange manuell bearbeitet, bis der gewünschte Glanz der zu bespielenden Oberfläche erreicht ist.

Die Dichte des Plattenmaterials beträgt 3,89 g/cm³, die durchschnittliche Porengröße beträgt 0,05 µm und die Wärmeleitfähigkeit beträgt 80 W/mK. Die Farbe der Platte ist elfenbeinweiß.

Die keramische Platte wird anschließend auf der hölzernen Klaviertaste verklebt.

Beispiel 2

Formgebung

Für die Herstellung einer Keramikplatte, die als Klaviertastenbelag geeignet ist, werden 4000g Y-teilstabilisiertes Zirkonoxid (mittlere Korngröße 0,3–0,5 µm, Zusammensetzung: 5,3 Gew.-% Y₂O₃, 94,6 Gew.-% ZrO₂) in 2500 ml destilliertem Wasser aufgerührt und in eine 5l-Porzellan-Kugelmühle überführt. Es werden 4000 g Mahlkugeln aus Zirkonoxid und 30 ml Verflüssigungsmittel (z. B. Dolapix CE 65 der Firma Zschimmer und Schwarz) dazugegeben (Durchmesser der Mahlkugeln 30 mm) und die verschlossene Mühle auf einem Rollengestell 40 h mit einer Umdrehungszahl von 150 Umdrehungen pro Minute gerollt.

Die resultierende Suspension wird in einen mit einem Rührer ausgestatteten Vorlagebehälter (5000 ml, Polyethylen) überführt. Mittels eines 500 ml Gießers wird ein Teil der Suspension aus dem Vorlagebehälter entnommen und in eine Gipsform gegossen, die die Kontur der späteren Klaviertaste aufweist. Die Gipsform hat einen Deckel mit zwei Eingießöffnungen, durch die die Suspension in das Innere gelangt. Die gefüllte Form wird 120 min stehen gelassen und anschließend der Deckel abgehoben. In der Aussparung des unteren Teiles der Gipsform befindet sich der Rohling der Klaviertaste mit den beiden Eingießstümpfen.

Trocknung und Brand

Der Rohling wird bei 30°C für 24 h im Umlufttrockenschrank getrocknet und dann sehr vorsichtig auf einer keramischen Brennunterlage (170 × 170 × 12 mm) aus Aluminiumoxid, die mit gebranntem Zirkonoxid-Pulver bestreut ist, abgelegt. Um den Rohling herum werden Abstandhalter aus Aluminiumoxid gelegt, auf denen eine weitere Brennunterlage aufgesetzt wird. Der so vor der direkten Strahlungshitze geschützte Rohling wird in diesem Aufbau in einen elektrisch beheizten Kammerofen mit Programmregelung und Innenraum-

abmessungen von 200 × 200 × 350 mm überführt. Der nun durchgeführte, programmgesteuerte erste Brand wird mit einer Aufheizrate von 30 K/h auf eine Temperatur von 1000°C gebracht, dort eine Stunde gehalten und dann mit einer Abkühlrate von 50 K/h wieder auf Raumtemperatur abgekühlt.

Der durch diesen Brand vorverfestigte Rohling (Weißling) wird auf einer Schleifmaschine mit Korund-Schleifscheibe von den Gießansätzen befreit und erneut auf einer Brennunterlage der vorstehend beschriebenen Form plaziert. Der Weißling wird nun bei einer Temperatur von 1500°C im ebenfalls schon beschriebenen Hochtemperaturkammerofen für 2 h gebrannt. Die Aufheizrate beträgt in diesem Fall 50 K/h, die Abheizrate beträgt 350 K/h.

Nachbearbeitung

Nach dem Dichtbrand des Weißlings wird dieser zu einem sehr festen Rohling, der in einen Maschinen-schraubstock gespannt wird und mittels dieses durch magnetische Anziehung auf einem Magnettisch einer Präzisionsflachschleifmaschine fixiert wird. Nacheinander werden alle Flächen des Rohlings mit Hilfe einer kunstharzgebundenen Diamantschleifscheibe (Durchmesser 250 mm, Breite 15 mm, Diamantkörnung: D91, Spindeldrehzahl 2850 U/min) bearbeitet, bis die gewünschten Maße erreicht sind.

Der geschliffene Rohling wird nun mit Diamantpaste (Körnung 3 µm) und einem Poliertuch aus Zellulose so lange manuell bearbeitet, bis der gewünschte Glanz der zu bespielenden Oberfläche erreicht ist.

Die Dichte des Plattenmaterials beträgt 5,90 g/cm³, die durchschnittliche Porengröße beträgt 0,02 µm und die Wärmeleitfähigkeit beträgt 2 W/mK. Die Farbe der Platte ist elfenbeinweiß.

Die keramische Platte wird anschließend auf der hölzernen Klaviertaste verklebt.

Beispiel 3

Formgebung

Für die Herstellung einer Keramikplatte, die als Klaviertastenbelag geeignet ist, werden 4000g Zirkonoxid-verstärktes Aluminiumoxid (mittlere Korngröße 0,5–1,0 µm, Zusammensetzung: 80% α-Aluminiumoxid, 20% Yttriumteilstabilisiertes Zirkonoxid mit 5,3 Gew.-% Y₂O₃, 94,6 Gew.-% ZrO₂) in 2200 ml destilliertem Wasser aufgerührt und in eine 5l-Porzellan-Kugelmühle überführt. Es werden 4000 g Mahlkugeln aus Zirkonoxid und 30 ml Verflüssigungsmittel (z. B. Dolapix CE 65 der Firma Zschimmer und Schwarz) dazugegeben (Durchmesser der Mahlkugeln 30 mm) und die verschlossene Mühle auf einem Rollengestell 60 h mit einer Umdrehungszahl von 150 Umdrehungen pro Minute gerollt.

Die resultierende Suspension wird nun mit 40 g organischem Binder versetzt (z. B. Optapix AC 95 der Firma Zschimmer und Schwarz), weitere 5 h gerührt und in einer emailierten Schale bei 110°C über 30 h im Umlufttrockenschrank eingedampft. Der verbleibende Kuchen wird zu Bruchstücken von 50 × 50 mm Kantenlänge zerbrochen und in einer Scheibenmühle "Pulverisette 13" der Firma Fritsch, die mit zwei Zirkonoxid-Scheiben ausgestattet ist, vermahlen. Die mittlere Partikelgröße des resultierenden Pulvers beträgt 120 µm.

Das Pulver wird nun in eine rechteckigen Gummi-form (300 × 100 × 50 mm) gefüllt und mit einem pas-

senden Gummideckel versehen. Diese Preßform wird nun in den Druckbehälter einer isostatischen Presse (z. B. der Fa. National Forge) überführt und mit einem isostatischen Druck von 150 MPa beaufschlagt. Der verfestigte Rohling (Grünling) wird auf einer CNC-Fräsmaschine (Fa. Wabeco, Typ CC200) auf die gewünschten Abmaße bearbeitet. Die Wahl der Abmaße muß die während des Brennprozesses eintretende Schwindung von 21% berücksichtigen.

Trocknung und Brand

Der Grünling wird bei 30 °C für 24 h im Umlufttrockenschränk getrocknet und dann sehr vorsichtig auf einer keramischen Brennunterlage (170 × 170 × 12 mm) aus Aluminiumoxid, die mit gebranntem Zirkonoxid-Pulver bestreut ist, abgelegt. Um den Rohling herum werden Abstandhalter aus Aluminiumoxid gelegt, auf denen eine weitere Brennunterlage aufgesetzt wird. Der so vor der direkten Strahlungshitze geschützte Rohling wird in diesem Aufbau in einen elektrisch beheizten Kammerofen mit Programmregelung und Innenraumbmessungen von 200 × 200 × 350 mm überführt. Der nun durchgeführte, programmgesteuerte erste Brand wird mit einer Aufheizrate von 60 K/h auf eine Temperatur von 1600°C gebracht, dort eine Stunde gehalten und dann mit einer Abkühlrate von 350 K/h wieder auf Raumtemperatur abgekühlt.

Nachbearbeitung

Nach dem Dichtbrand des Grünlings wird dieser zu einem sehr festen Rohling, der in einen Maschinen-schraubstock gespannt wird und mittels diesem durch magnetische Anziehung auf einem Magnettisch einer Präzisionsflachsleifmaschine fixiert wird. Nacheinander werden alle Flächen des Rohlings mit Hilfe einer kunstharzgebundenen Diamantschleifscheibe (Durchmesser 250 mm, Breite 15 mm, Diamantkörnung: D91, Spindeldrehzahl 2850 U/min) bearbeitet, bis die gewünschten Maße erreicht sind.

Der geschliffene Rohling wird nun mit Diamantpaste (Körnung 3 µm) und einem Poliertuch aus Zellulose so lange manuell bearbeitet, bis der gewünschte Glanz der zu bespielenden Oberfläche erreicht ist.

Die Dichte des Plattenmaterials beträgt 4,25 g/cm³, die durchschnittliche Porengröße beträgt 0,07 µm und die Wärmeleitfähigkeit beträgt 65 W/mK. Die Farbe der Platte ist elfenbeinweiß.

Die keramische Platte wird anschließend auf der hölzernen Klaviertaste verklebt.

Beispiel 4

Formgebung

Für die Herstellung einer Keramikplatte, die als Klaviertastenbelag geeignet ist, werden 2000g Kaolin und 2000 g α-Aluminiumoxid (mittlere Korngröße jeweils 1,0 – 2,0 µm) in 2200 ml destilliertem Wasser aufgerührt und in eine 5l-Porzellan-Kugelmühle überführt. Es werden 4000 g Mahlkugeln aus Aluminiumoxid und 20 ml Verflüssigungsmittel (z. B. Dolapix CE 65 der Firma Zschimmer und Schwarz) dazugegeben (Durchmesser der Mahlkugeln 30 mm) und die verschlossene Mühle auf einem Rollengestell 20 h mit einer Umdrehungszahl von 150 Umdrehungen pro Minute gerollt.

Die resultierende Suspension wird nun mit 40 g orga-

nischem Binder versetzt (z. B. Optapix AC 95 der Firma Zschimmer und Schwarz), weitere 5 h geführt und in einer emailierten Schale bei 110°C über 30 h im Umlufttrockenschränk eingedampft. Der verbleibende Kuchen wird zu Bruchstücken von 50 × 50 mm Kantenlänge zerbrochen und in einer Scheibenmühle "Pulverisette 13" der Firma Fritsch, die mit zwei Aluminiumoxid-Scheiben ausgestattet ist, vermahlen. Die mittlere Partikelgröße des resultierenden Pulvers beträgt 150 µm.

Das Pulver wird nun in eine rechteckige Form aus gehärtetem Stahl gefüllt und mit einem passenden Stempel ebenfalls aus gehärtetem Stahl versehen. Diese Pressform wird nun in einer Handspindelpresse einem uniaxialen Druck von 250 MPa unterworfen. Die Wahl der Abmaße der Pressform muß die während des Brennprozesses eintretende Schwindung von 15% berücksichtigen.

Trocknung und Brand

Der Grünling wird bei 60°C für 24 h im Umlufttrockenschränk getrocknet und dann sehr vorsichtig auf einer keramischen Brennunterlage (170 × 170 × 12 mm) aus Aluminiumoxid abgelegt. Um den Rohling herum werden Abstandhalter aus Aluminiumoxid gelegt, auf denen eine weitere Brennunterlage aufgesetzt wird. Der so vor der direkten Strahlungshitze geschützte Rohling wird in diesem Aufbau in einen elektrisch beheizten Kammerofen mit Programmregelung und Innenraumbmessungen von 200 × 200 × 350 mm überführt. Der nun durchgeführte, programmgesteuerte erste Brand wird mit einer Aufheizrate von 30 K/h auf eine Temperatur von 1650°C gebracht, dort eine Stunde gehalten und dann mit einer Abkühlrate von 250 K/h wieder auf Raumtemperatur abgekühlt.

Nachbearbeitung

Nach dem Dichtbrand des Grünlings wird dieser zu einem sehr festen Rohling, der in einen Maschinen-schraubstock gespannt wird und mittels diesem durch magnetische Anziehung auf einem Magnettisch einer Präzisionsflachsleifmaschine fixiert wird. Nacheinander werden alle Flächen des Rohlings mit Hilfe einer kunstharzgebundenen Diamantschleifscheibe (Durchmesser 250 mm, Breite 15 mm, Diamantkörnung: D91, Spindeldrehzahl 2850 U/min) bearbeitet, bis die gewünschten Maße erreicht sind.

Der geschliffene Rohling wird nun mit Diamantpaste (Körnung 3 µm) und einem Poliertuch aus Zellulose so lange manuell bearbeitet, bis der gewünschte Glanz der zu bespielenden Oberfläche erreicht ist.

Die Dichte des Plattenmaterials beträgt 4,25 g/cm³, die durchschnittliche Porengröße beträgt 0,15 µm und die Wärmeleitfähigkeit beträgt 35 W/mK. Die Farbe der Platte ist elfenbeinweiß.

Die keramische Platte wird anschließend auf der hölzernen Klaviertaste verklebt.

Literatur

EP 457619 A Steinway Musical (US 5,265,515)
US 4346639
EP 371 939 A, Yamaha Corp

Patentansprüche

1. Taste für Tasteninstrumente, dadurch gekenn-

zeichnet, daß diese mit einer Oberfläche, hergestellt aus Keramik, Glaskeramik oder Glas ausgestattet ist.

2. Taste nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramik Aluminiumoxid, Zirkonoxid, zirkonoxidverstärktes Aluminiumoxid, aluminiumoxidverstärktes Zirkonoxid, Aluminiumtitana₅, Mullit oder Zirkonsilikat ist.

3. Taste nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche als 0,1 mm bis 3 mm starke Platte auf die Taste aufgebracht wird.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65